

2019年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関	山形大学 大学院有機材料システム研究科
職位または役職	助教
氏名	関根 智仁

1. 研究題目

高速駆動可能なフレキシブルソフトアクチュエータの作製と生体触覚機能への展開

2. 研究目的

本研究は、高速駆動可能なフレキシブルソフトアクチュエータを作製し、生体触覚機能へと応用展開することを目的とする。

これまでの薄膜アクチュエータはチップ上のアクチュエータなどを基板に実装したものが多く、操作上「ゴツゴツ」などの違和感を与えるため高い平面性が求められていた。これに対し、印刷型有機デバイスをプラットフォームとした有機アクチュエータは、薄膜で平面性が高いため新規ハプティクスデバイス(力や振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを与えるデバイス)への応用が期待できる。昨年まで、貴財団より「印刷型平面ソフトアクチュエータの開発」に関する研究テーマを採択頂き、その開発に勤しんできた。本年度では、更なるヒト生体触覚機能への応用を目指し、印刷法で高速駆動が可能なアクチュエータを実現する。昨年度まで培った印刷プロセスをベースとし、応答周波数に着目した材料/構造システム構築を行うことで高速駆動型フレキシブルソフトアクチュエータを開発する。これにより、ヒトがもつ生体触覚機能の一つである触感覚(ツルツル、ザラザラ)を与えることが可能な平面ハプティクスデバイスの実現を目指す。

3. 研究内容及び成果

本研究においては、強誘電性高分子 P(VDF-TrFE) / 分子量 Mn: 440,000 を用い、かつその結晶成長促進剤をデバイス内に挿入することでソフトアクチュエータを作製した。この時のデバイス基板にはポリエチレンナフタレート(PEN)を用い、その厚さは 50 μm である。また、その溶媒にはダイポールモーメントのマッチングが最適化された極性溶媒を用いた。デバイス自体は、比較的大面積で薄膜を形成できるスクリーン印刷法を用いた。ここで、結晶成長促進剤挿入による強誘電性高分子層形成時の表面ラフネスの増大による上・下部電極の導通が懸念されたが、印刷条件の最適化によってこれを回避することにも併せて成功している。さらに、これら強誘電層の表面粗さの評価による積層デバイスとしての妥当性を原子間力顕微鏡でチェックした表面トポグラフィーにおけるラフネスは、RMS で約 20 nm を達成したことからアクチュエータとしての駆動性が期待できる(図 1)。また、同様に、デバイスの電気特性指標の一つであるヒステリシスループ計測も行った。アクチュエータの電気特性評価として、まず強誘電性の計測を行った。電界 ±100 MV を AC 1 Hz で印加したときの残留分極値を取得したが、印刷デバイスとしては高特性である 8.5 μC cm⁻² を達成できた(抗電解は 50 MV m⁻¹)。これは、ピュアな P(VDF-TrFE)を使用したデバイスと比較して約 1.2 倍の値である(図 2)。

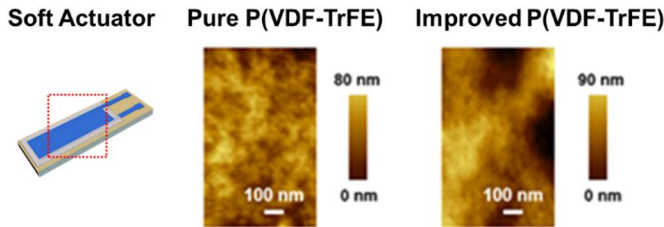


図 1 強誘電性高分子を用いたソフトアクチュエータの導電性と表面モルフォロジー

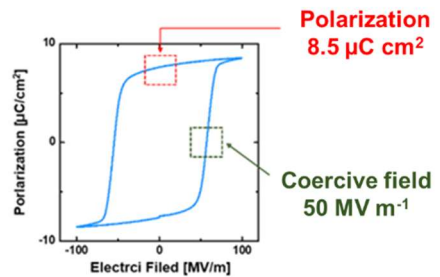


図 2 作製したアクチュエータの強誘電特性

上記の薄膜型アクチュエータを用いて、その駆動性を評価した。特に、基板厚さが駆動性や機械的寿命に与える影響についても測定した。レーザー変位計を用いて、アクチュエータに電界 ±100 MV を AC 1 Hz を印加したときの変位量を図 3 に示した。これより、印加電界と変位量に相関性があることが明らかになった。これは、基板厚さによって変位量が変わることから、基板のヤング率が駆動量に影響を与えていると考えられる。また、作製したアクチュエータの機械的寿命も併せて測定した。上記と同じ条件で電界を繰り返し印加したときの変位量の変化を計測した(図 4)。これによると、連続駆動 2500 回まで良好な駆動性を示すことが明らかになった。最後に、印加周波数に対する駆動性を確認した(図 5)。印加電界周波数 50 Hz においても駆動が確認できたことから、本材料システムを用いて作製したアクチュエータは、薄膜型でありながら良好なソフトアクチュエータとしてのデバイス性能を示していることが示唆された。

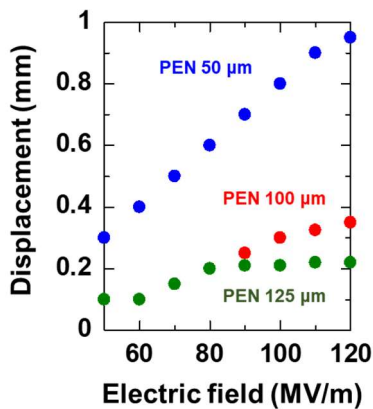


図 3 基板厚さを変更したときの電界に対する変位量

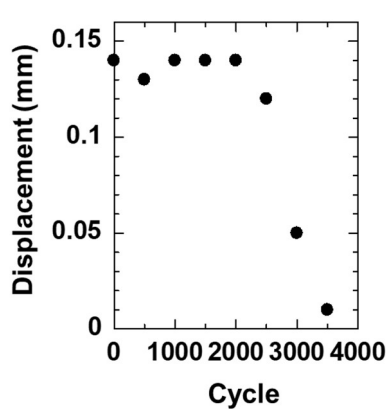


図 4 作製したアクチュエータの機械的寿命

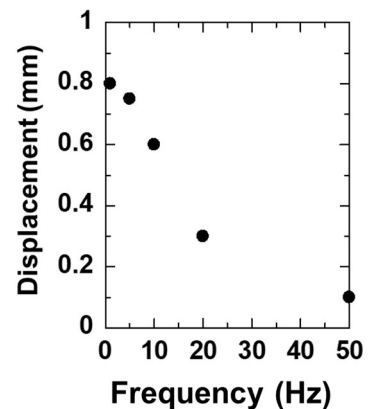


図 5 印加周波数に対する変位量

4. 今後の研究の見通し

本年度の研究では、結晶成長促進剤をデバイス内に挿入した強誘電性高分子ベースのソフトアクチュエータを作製し、その電氣的／機械的特性について評価した。当該アクチュエータを用いて印加電界に対する機械的特性を測定した際、駆動変位量が基板厚さに依存性があることが明らかになった。また、印加周波数に対しても50 Hzまでの駆動を確認している。これは、一般的なソフトアクチュエータにおいては既報告の10倍程度の値である。

一方、当初予定していた作製したソフトアクチュエータのハプティクスデバイスへの応用については、新型コロナウイルスの影響により、次年度以降に持ち越された。今後の研究では、これまでの研究で実現した高速駆動可能なアクチュエータを用いて、ヒトがもつ生体触覚機能の一つである触感覚を与えることが可能な平面デバイスへの応用を目指す。また、機械的信頼性(電圧連続掃引時の寿命)においても、課題があることが明らかになった。これを解決するため、これまで培った知見を用い、さらに長時間駆動にも耐えうるアクチュエータ作製のためのデバイスシステム構築を行っていく予定である。

5. 助成研究による主な発表論文、著書名

【学術論文 (査読付)】

[1] J. Sato, T. Sekine*, Yi-Fei Wang, Yasunori Takeda, Hiroyuki, Matsui, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, Shizuo Tokito
 “Development of Ferroelectric Polymer-based Fully Printed Flexible Strain Sensor and Their Application for Human Motion Capture”
Sensors and Actuators A: Physical, vol. 31, pp: 99 (2019).

[2] T. Sekine* et al., “Soft Actuators using Printing Systems”, Preparing.

【国内会議】

[1] 奥山 義弘, 関根 智仁, 芝 健夫、時任 静士, “印刷型 PVDF 圧力センサアレイの新規パッシブ駆動方式の開発”, 電気情報通信学会, C-13-3 (2019).